

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-325920

(43)Date of publication of application : 22.11.2001

(51)Int.Cl.

H01J 65/04

(21)Application number : 2001-139388

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD
MATSUSHITA ELECTRIC WORKS
LTD

(22)Date of filing : 09.05.2001

(72)Inventor : CHANDLER ROBERT
POPOV OLEG
MAYA JAKOB
SHAPIRO EDWARD

(30)Priority

Priority number : 2000 569566

Priority date : 12.05.2000

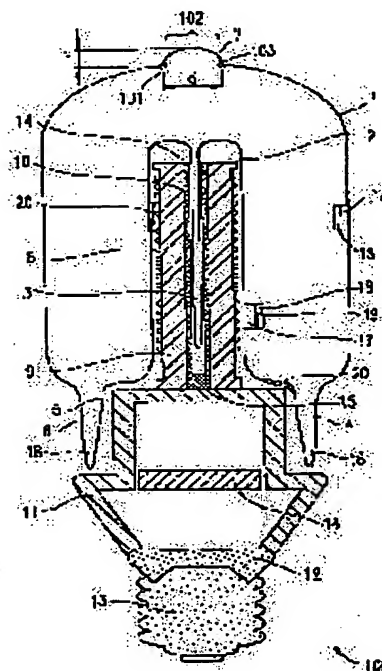
Priority country : US

(54) ELECTRODELESS DISCHARGE LAMP

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve lamp efficiency of an electrodeless discharge lamp.

SOLUTION: The electrodeless discharge lamp 100 is provided with an envelope 1 with discharge gas filled inside, a coil 8 generating an electromagnetic field inside the envelope 1, and a protruded part formed in the envelope and thrusting toward outside of the envelope 1. The bulb-wall load of the electrodeless discharge lamp is 0.05 W/cm² or more. The envelope 1 is provided with a concave cavity 2, and the coil 8 may be set inside the cavity 2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部に放電ガスを充填したエンベロープと、

前記エンベロープ内に電磁界を生成するコイルと、
前記エンベロープに形成され、前記エンベロープの外部
に向けて突き出した隆起部とを備え、
管壁負荷が 0.05 W/cm^2 以上である、無電極放電
ランプ。

【請求項2】 前記エンベロープは、凹部キャビティを
有し、前記コイルは、前記凹部キャビティの内部に配置
されている、請求項1に記載の無電極放電ランプ。

【請求項3】 フェライト磁心をさらに備え、前記コイ
ルは、前記フェライト磁心に巻きつけられている、請求
項1に記載の無電極放電ランプ。

【請求項4】 前記隆起部における前記エンベロープの
最大の厚さと最小の厚さとは、ともに 0.1 mm 以上 2 mm
以下である、請求項1に記載の無電極放電ランプ。

【請求項5】 前記隆起部の高さは、 7 mm 未満であ
る、請求項1に記載の無電極放電ランプ。

【請求項6】 内部に放電ガスを充填したエンベロープ
と、

前記エンベロープ内に電磁界を生成するコイルと、
前記エンベロープに形成され、前記エンベロープの外部
に向けて突き出した隆起部とを備え、
前記コイルの誘導結合電力周波数は、 50 kHz 以上 1 MHz
以下である、無電極放電ランプ。

【請求項7】 管壁負荷が 0.05 W/cm^2 以上であ
る、請求項6に記載の無電極放電ランプ。

【請求項8】 前記エンベロープは、凹部キャビティを
有し、前記コイルは、前記凹部キャビティの内部に配置
されている、請求項6に記載の無電極放電ランプ。

【請求項9】 フェライト磁心をさらに備え、前記コイ
ルは、前記フェライト磁心に巻きつけられている、請求
項6に記載の無電極放電ランプ。

【請求項10】 前記隆起部における前記エンベロープ
の最大の厚さと最小の厚さとは、ともに 0.1 mm 以上 2 mm
以下である、請求項6に記載の無電極放電ラン
プ。

【請求項11】 前記隆起部の高さは、 7 mm 未満であ
る、請求項6に記載の無電極放電ランプ。

【請求項12】 内部に放電ガスを充填したエンベロー
プと、

前記エンベロープ内に電磁界を生成するコイルとを備
え、
前記エンベロープは側壁と頂上部とを有し、前記側壁と
前記頂上部とによって形成されるコーナーの曲率半径が
 10 mm 以下である、無電極放電ランプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電気ランプに関

し、より詳細には、 $50\text{ kHz}\sim 1\text{ MHz}$ の周波数なら
びに低圧または中間圧で動作する無電極蛍光ランプに関
する。

【0002】

【従来の技術】 数十 $\text{kHz}\sim$ 数十 MHz の範囲の周波数
で動作する無電極蛍光ランプは、内部電極および加熱フ
ィラメントを有する従来の蛍光ランプよりも寿命が長
い。先頃、General Electric Corp.によって、主に屋内用途のための無電極小型蛍光ラ
ンプが市場に出された（「Genura」）。このラン
プは、 23 W の総電力で 1100 ルーメンの光出力を有
し、且つ、 $15,000$ 時間の長い寿命を有する。低い
周囲温度および高い周囲温度で高いランプ光出力を提供
するために、ランプは、約 $70^\circ\text{C}\sim$ 約 120°C の、ア
マルガムの広い温度範囲内で、約 6 Torr （約 798 mPa ）
近傍の最適な水銀蒸気圧を維持する、ビスマス
ーインジウムアマルガムを利用する。

【0003】 このランプの欠点は、ランプの立ち上がり
時間、つまり、ランプの最大光出力の 50% に達するの
に必要な時間が比較的長い点にある。Genuraラン
プの立ち上がり時間は、 80 秒よりも長い。立ち上がり
時間が長くなるのは、アマルガムを約 70°C の必要温度
に加熱するのに必要な時間が比較的長い（約 1 分）ため
である。

【0004】 実際、 6 Torr で得られる最大の光出
力の $70\sim 80\%$ に相当する高い光出力を生成するのに
十分な、 $3\sim 4\text{ Torr}$ （ $399\sim 532\text{ mPa}$ ）の
高い水銀蒸気圧を提供するために、アマルガムは 70°C
の温度である必要がある。急速なアマルガムの加熱を達
成するために、従来の技術は、ランプエンベロープの異
なる部分にアマルガムを配置した（Borowiecら
の米国特許第5,412,288号、Thomasらの
米国特許第5,412,289号、Borowiecら
の米国特許第5,434,482号、およびForsd
ykeらの米国特許第5,789,855号）。いくつ
かのケースでは、補助アマルガムが、フラグ内（例え
ば、Mayaらの米国特許第5,698,951号、C
ocomaらの米国特許第5,783,912号、Bo
rowiecらの米国特許第5,841,229号）、
または放電プラズマによって直接加熱される凹部キャビ
ティ壁の真空側（Wharmbyらの米国特許第5,7
67,617号、Forsdykeらの米国特許第5,
789,855号）に配置された。しかし、2つ以上の
アマルガムを使用しても、立ち上がり時間は 80 秒未満
に短縮されなかった。

【0005】 1999年11月8日出願の米国特許出願
番号第09/435,968号（本願が優先権の基礎と
する出願と同一譲受人）に、本発明者らは、 100 kHz
の比較的低いRF周波数で動作する無電極小型蛍光ラ
ンプを記載した。フェライト磁心および抵抗の低いリッ

ツワイヤの使用により、低いコイル/磁心電力損失が提供され、この低いコイル/磁心電力損失の結果、アマルガムを細管内に配置した場合、ランプに対する高い電力効率($\eta = P_{pl}/P_{lamp} = 0.8$)と、高い最大ランプ効率とが得られた。

【0006】このランプの立ち上がり時間はやや長く($\approx 1 \text{ min}$)、Genuraランプの立ち上がり時間に相当するものであった。立ち上がり時間を短縮するために、本発明者らは、アマルガムの代わりに純粋な水銀滴を用いた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上で述べた、本発明者らによる特許出願に記載された形状を有し、アマルガムを用いずに「純粋な」水銀滴で動作するランプにおいて、ランプの表面上で、安定動作中に70℃未満の温度を有し得た点はなかった。その結果、安定動作中の水銀滴圧力は6 mTorrより高く、安定した光出力は、最大光出力の75~80%程度と低くなった。

【0008】本発明の目的は、約100 kHzの周波数および約23 Wの誘導結合電力で動作し、標準的な白熱電球よりも大きくないサイズであって、約1600~1650ルーメンの最大出力で可視光を生成する、無電極小型蛍光ランプを設計することである。

【0009】本発明の別の目的は、ランプのベースを上にした点灯およびベースを下にした点灯において水銀蒸気圧を制御し、1650ルーメンの最大光出力の約90%に相当する安定した光出力をもたらす最冷点を提供することである。

【0010】本発明のさらなる目的は、フェライト磁心の温度をそのキュリー点未満に維持する冷却構造体を提供することである。

【0011】本発明のさらに別の目的は、冷却構造体内部のドライバおよび整合回路のためのエンクロージャを提供することである。

【0012】本発明のさらなる目的は、ドライバおよび整合回路が配置されたセラミックエンクロージャの内部の温度を低く($T < 100^\circ\text{C}$)維持する冷却構造体を提供することである。

【0013】本発明の別の目的は、白熱電球と同程度の寸法を有しつつ、白熱電球よりもはるかに高い効率と5~10倍の長さの寿命とを有する、100 Wの白熱電球を直接置き換えることのできる小型蛍光ランプを提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の無電極放電ランプは、内部に放電ガスを充填したエンベロープと、前記エンベロープ内に電磁界を生成するコイルと、前記エンベロープに形成され、前記エンベロープの外部に向けて突き出した隆起部とを備え、管壁負荷が0.05 W/cm²以上であり、これにより、上記目的が達成される。

【0015】前記エンベロープは、凹部キャビティを有し、前記コイルは、前記凹部キャビティの内部に配置されているともよい。

【0016】前記無電極放電ランプは、フェライト磁心をさらに備え、前記コイルは、前記フェライト磁心に巻きつけられているともよい。

【0017】前記隆起部における前記エンベロープの最大の厚さと最小の厚さとは、ともに0.1 mm以上2 mm以下であってよい。

【0018】前記隆起部の高さは、7 mm未満であってよい。

【0019】本発明の他の無電極放電ランプは、内部に放電ガスを充填したエンベロープと、前記エンベロープ内に電磁界を生成するコイルと、前記エンベロープに形成され、前記エンベロープの外部に向けて突き出した隆起部とを備え、前記コイルの誘導結合電力周波数は、50 kHz以上1 MHz以下であり、これにより、上記目的が達成される。

【0020】前記無電極放電ランプの管壁負荷が0.05 W/cm²以上であってよい。

【0021】前記エンベロープは、凹部キャビティを有し、前記コイルは、前記凹部キャビティの内部に配置されているともよい。

【0022】前記無電極放電ランプは、フェライト磁心をさらに備え、前記コイルは、前記フェライト磁心に巻きつけられているともよい。

【0023】前記隆起部における前記エンベロープの最大の厚さと最小の厚さとは、ともに0.1 mm以上2 mm以下であってよい。

【0024】前記隆起部の高さは、7 mm未満であってよい。

【0025】本発明の他の無電極放電ランプは、内部に放電ガスを充填したエンベロープと、前記エンベロープ内に電磁界を生成するコイルとを備え、前記エンベロープは側壁と頂上部とを有し、前記側壁と前記頂上部とによって形成されるコーナーの曲率半径が10 mm以下であり、これにより、上記目的が達成される。

【0026】本発明は、水銀蒸気を含んだ不活性ガスの充填物を含有するガラスエンベロープを含む無電極蛍光ランプを包含する。エンベロープの頂上部は、ランプが「ベースを上にして」点灯する場合に水銀蒸気についての最冷点として機能する、小さな薄いガラスドームを有する。数mmの間隙を有するガラス「スカート」が、エンベロープの底部のエッジにシールされる。このガラス「スカート」が、「ベースを下にして」点灯する場合に、最冷点を提供するとみられる。フェライト磁心とリッツワイヤから形成されたコイルとが、凹部キャビティ内に配置される。冷却構造体は、磁心の内部に配置された金属(アルミニウム、銅)チューブと、高い熱伝導率を有する材料で金属チューブおよびエジソンソケットに

接着されたセラミックエンクロージャとを含む。パワードライバおよび整合回路が、セラミックエンクロージャの内部に配置され、エジソンソケットを介して主電源から電力供給を受ける。

【0027】

【発明の実施の形態】（実施の形態1）図1は、本発明の実施の形態1の無電極蛍光ランプ100を示す。図1を参照すると、ガラス球状エンベロープ1が、凹部キャビティ2と、キャビティ2の内部のその軸上に配置された排気細管3とを有する。エンベロープ1の内部には、放電ガスとして、不活性充填ガス（例えば、アルゴン、クリプトン等）と水銀蒸気との混合ガスが封入されている。不活性充填ガスは、50mTorr～5Torr（6650mPa～665Pa）の圧力である。無電極蛍光ランプ100において、エンベロープの直径および高さは、それぞれ50mmおよび65mmである。凹部キャビティ2は、エンベロープ1の外部から内部に向けて凹入している。

【0028】エンベロープ1内の水銀圧は、エンベロープ表面上の最冷点の温度によって維持される。この最冷点には、数時間の動作の後、水銀滴が凝縮される。ベースを下にした位置で動作するランプにおいて、最冷点は、スカート4（第1の隆起部）の内壁5および外壁6によって形成される間隙内に存在する。数時間のランプ動作の後、水銀蒸気が、間隙の底に凝縮され、これが、エンベロープの最冷点になり、水銀蒸気圧を制御する。好適な実施形態において、スカートの長さは25mmであり、その内径および外径は、それぞれ40mmおよび45mmである。

【0029】ベースを上にした位置において、ランプ内の最も温度の低い場所は、薄いガラスドーム7の内表面上に存在する。好適な実施形態において、ドーム（第2の隆起部）7は、図1に示すように、球状の頂上部の上に設けられる。ドーム7の高さhは5mmであり、ドーム7の底部の直径dは約9mmであり、ガラスの厚さは約0.3mmである。

【0030】本発明者らは、ドーム7の底部における直径が約8mmよりも小さい場合には光出力向上の効果は小さくなることを見出した。これは、ドーム7の底部における直径が小さいと、エンベロープ1内の放電ガスがドーム7の内部に対流によって進入することが著しく難しくなり、その結果、水銀蒸気圧を制御する機能が低下するためである。本発明者らは、逆に、ドーム7の底部での直径が著しく大きい場合にも、やはり光出力向上の効果は小さくなることも発見した。これは、対流による放電ガスの侵入が過大になり、それによる熱の流入が大きくなることによって、最冷点の温度が上昇するからである。ドーム7の底部の直径が15mmよりも大きくなると、光出力向上の効果は小さくなる。

【0031】なお、本明細書において、隆起部とは、エ

ンベロープ1の少なくとも1つの断面に沿って、エンベロープ1の曲率が負～正～負と変化する箇所であって、かつ、その箇所において、エンベロープ1が、無電極蛍光ランプの外部と接している箇所をいう。ここで、エンベロープ1の曲率は、エンベロープ1の外側に向けて凸である場合に正であるとし、エンベロープ1の内側に向けて凸である場合に負であるとする。例えば、図1に示されるドーム7の箇所では、エンベロープ1の曲率が負（部分101）～正（部分102）～負（部分103）と変化している。エンベロープ1の曲率がこのように変化することは、隆起部が、エンベロープ1の外部に向けて突き出していることを意味する。隆起部において、エンベロープ1が、無電極蛍光ランプの外部（周囲雰囲気）と接するので、隆起部が設けられない場合と比較して、エンベロープ1と周囲雰囲気との接触面積が増加する。これにより、隆起部の温度が低下し、最冷点の温度は、必要とされる安定した光出力を提供できる十分な低さになる。

【0032】複数のストランドワイヤ（リッツワイヤ）から形成されたコイル8が、フェライト磁心9の周囲に巻きつけられる。好適な実施形態において、ワイヤは、それぞれが#40ゲージである、66本の絶縁コーティングが施されたストランドを有する。コイルは、2つの層を有し、合計巻数が65である。中空のI形状のフェライト磁心9は、MnZn材料から形成され（Chamberlainらにより1999年5月3日に出願された米国特許出願番号第09/303,951号、およびChandlerらにより1999年11月9日に出願された米国特許出願番号第09/435,960号（共に本願が優先権の基礎とする出願と同一譲受人の所有）参照）、凹部キャビティ2内に配置される。好適な実施形態において、フェライト磁心は、15mmの直径および55mmの長さを有する。

【0033】コイル8が、フェライト磁心9の周囲に巻きつけられているので、コイル8のみのインダクタンスよりも、コイル/フェライト磁心のインダクタンスが大きくなる。これにより、無電極蛍光ランプ100の発光効率が高くなる。

【0034】コイル8およびフェライト磁心9は、金属チューブ10およびセラミックエンクロージャ11を含む冷却構造体の働きにより、キュリー点未満の温度（＜220℃）に維持される。チューブ10は、高い熱伝導率および低い誘導電力損失を有する金属（銅）で形成される。セラミックエンクロージャ11は、高い熱伝導率を有する材料で一体的に接着された数個のアルミナ製の部品から形成される。セラミックエンクロージャ11はまた、単一の部品から形成されてもよい。セラミックエンクロージャ11は、エジソンソケット13に溶接された銅プレート12に接着される。好適な実施形態において、セラミックエンクロージャの壁の厚さは4mmであ

る。

【0035】2つのセラミックスペーサ14および15が、フェライト磁心9内部に挿入されて、チューブ10が磁心の外側に延びるのを防ぎ、それにより、銅チューブ10内の電力損失を低減する。好適な実施形態において、セラミックスペーサ14および15の長さは5mmである。整合回路およびドライバ（図示せず）が、PCボード16上のセラミックエンクロージャ11内に配置される。PCボード16の位置は、ドライバの部品の温度が100℃を超えないように選択される。主電源は、エジソンソケット13を介してドライバに接続される。

【0036】プラズマと、フェライト磁心9内に吸収された誘導電力（ $\approx 3 \sim 4 \text{ W}$ ）とによって発生した熱は、銅チューブ10およびセラミックエンクロージャ11を介してエジソンソケット13に送られ、その後、ランプホルダ（図示せず）に送られる。熱の一部は、セラミックエンクロージャ11およびガラススカート4の外表面6を介して、対流により散逸される。その結果、周囲温度が25℃で誘導結合電力が23Wである場合、PCボード16が配置されたセラミックエンクロージャ11内部の温度は、100℃を超えない。

【0037】スカート4の内表面を含むエンベロープ1の内表面は、保護コーティング17および蛍光膜コーティング18で覆われる。反射コーティング19（アルミナ等）が、キャビティ9の内表面上に施される。内部キャビティ壁2を通過する可視光の量を低減するために、コイル8に隣接するキャビティ2の外壁が、反射コーティング20（アルミナ等）で覆われる。

【0038】無電極蛍光ランプ100は、ベースを上にした位置、ベースを下にした位置、および水平位置で使用できる。

【0039】図2は、本発明の実施の形態1のバリエーションである無電極蛍光ランプ200を示す。図2において、図1に示される構成要素と同一の構成要素には同一の参照番号を付し、その説明を省略する。無電極蛍光ランプ200は、無電極蛍光ランプ100と同様のエンベロープ1、キャビティ2、コイル8、およびフェライト磁心9を有するが、ガラススカート4を有さない。無電極小型蛍光ランプ200は、最冷点が薄いガラスドーム7の内表面上に存在する場合にランプのベースを上にした点灯に使用し得る。

【0040】最冷点として機能する薄いガラスの隆起部のさまざまな改変例を図3A～図3Cに模式的に示す。図3A～図3Cは、無電極蛍光ランプ100（図1）および無電極蛍光ランプ200（図2）のエンベロープ1に替えて使用することが可能なエンベロープ22の形状の一部を示す。

【0041】図3Aに示すガラス隆起部は、くさび形状21を有し、エンベロープ22の頂上部に設けられる。最冷点として機能する他のタイプのガラス隆起部を、図

3Bおよび図3Cに示す。一方の隆起部は柱23の形状を有し、他方は球体24の形状を有する。深い環状の陥没部25が、隆起部を、エンベロープの熱い壁から分離し、隆起部の周囲雰囲気との接触を向上することにより、隆起部の温度を低下させる。

【0042】図4A～図4Dは、無電極蛍光ランプ100（図1）および無電極蛍光ランプ200（図2）のエンベロープ1に替えて使用することが可能なエンベロープ34の形状を示す。図4A～図4Dに示すように、最冷点隆起部は、最冷点が形成される環状ギャップ33を有する環状リッジ32の形状を有する。図4Aおよび図4Bにおいて、環状リッジ（隆起部）は、エンベロープ34の頂上部に設けられる。ギャップ33を有するリッジ（隆起部）32は、エンベロープの底部および側壁にも同様に設けられ得る（図4Cおよび図4D）。

【0043】ランプは次のように動作する。通常の不活性ガス圧力（アルゴン）は約1 Torr（約133 Pa）であり、誘導結合電力周波数（コイル8に加えられる交流電流の周波数）は約100 kHzである。主電源（60 Hz）からのAC電力は、エジソンソケット13を介して、セラミックエンクロージャ11内のPCボード16上に配置されたドライバおよび整合回路（図示せず）に給送される。周波数100 kHzでの誘導電圧が、整合回路からコイル8に印加される。コイル電流 I_c が誘導磁場を生成し、生成した誘導磁場が、RF方位角方向電場 E_z をエンベロープ内に生成する。このように、コイル8はエンベロープ内に電磁界を生成する。コイル8に印加される電圧 V_c が200～300 Vに達する場合、電圧 V_c は、エンベロープ内に、キャビティ壁2に沿って、容量放電を生成する。

【0044】ランプ内で誘導された誘導（方位角方向）電圧 V_{pl} が、エンベロープ内の誘導結合放電を維持するのに十分な値に達した場合、コイル電圧（ V_c ）およびコイル電流（ I_c ）が減少する。これにしたがって、反射波電力 P_{ref} が減少し、プラズマ輝度が急峻に上昇する。容量放電から誘導放電への遷移は、ランプ始動（イグニション）と呼ばれる。ランプに吸収される電力 P_{lamp} の増大の結果、光出力が増大し、コイル維持電流 I_m およびコイル維持電圧 V_m が減少する。

【0045】ランプの光出力は、電力 P_{lamp} だけでなく、最冷点7（ベースを上にした点灯）または4（ベースを下にした点灯）の温度と共に上昇する水銀蒸気圧にも依存する。最冷点の温度が約44～55℃の場合に、最大光出力、すなわち、最も高いランプ効率に達する。最冷点温度のさらなる上昇の結果、水銀蒸気圧が上昇し、ランプの明るさが減少する。従って、表面上の温度が十分に低い場合には、隆起部があっても、その効果はあまり大きくない。ランプの表面上の温度は、ランプの管壁負荷に依存する。本発明者らは、ランプの管壁負荷が 0.05 W/cm^2 以上である場合に、隆起部の効果

があることを見出した。ランプの管壁負荷が 0.07 W/cm^2 以上である場合には、隆起部の効果が非常に大きくなる。

【0046】なお、管壁負荷とは、コイル8に入力される有効電力をエンベロープ1の内壁表面積で割った値と定義される。コイル8に入力される有効電力は、例えば、整合回路の入力側にパワーメータを接続することによって測定される。

【0047】好適な実施形態（図1）およびベースを上にした点灯において、ベースを上にした位置で、且つ周波数 100 kHz および電力 23 W （ 1630 ルーメン、 71 LPW ）で動作するランプの最大光出力は、薄いガラスのドーム7の外側の温度が $46\sim 48^\circ\text{C}$ の場合に達成される。ランプは、2時間に亘る 23 W での連続点灯の後に、安定した光出力に達する。 23 W での安定した光出力は 1515 ルーメン（ 66 LPW ）であり、最冷点7の温度は $57\sim 59^\circ\text{C}$ であった。したがって、本発明に記載したランプの安定した光出力は、 1630 ルーメンの最大ランプ光出力の 93% に該当する。特別に設計されたガラス付加物（隆起部）を有さない無電極小型蛍光ランプは、安定した光出力が低く、最大光出力の $80\sim 85\%$ にすぎないことが分かった。このランプの管壁負荷は、 0.1 W/cm^2 であった。

【0048】本発明にしたがって製造されたランプの立ち上がり測定により、ランプが始動した後 $2\sim 3$ 秒以内に最大光出力の 50% に達したことを示した。この立ち上がり時間は、従来の有電極小型蛍光ランプの立ち上がり時間よりも短い。

【0049】本発明者らは、ガラスドーム7の高さ h が高いほど、その温度が低くなり、ランプ光出力が高くなることを発見した。しかし、本発明者らは、ガラスドーム7は、図3A～図3Cおよび図4A～図4Dに示した他の隆起部と同様、美的理由およびの強度に関わる理由のためにあまり大きくすることができず、ガラスドーム7の高さ h は、 7 mm 未満であることが好ましいことを見出した。図3A～Cおよび図4A～Dに示した他の隆起部も同様に 7 mm 未満であることが好ましい。また、本発明者らは、隆起部上の最冷点の温度が 40°C 未満になつてはならないことを発見した。

【0050】隆起部におけるエンベロープ1の厚さが小さくなりすぎると隆起部の強度が低下し、隆起部におけるエンベロープ1の厚さが大きくなりすぎると最冷点の温度を十分に低くすることができない。隆起部におけるエンベロープ1の最大の厚さと最小の厚さとは、ともに 0.1 mm 以上 2 mm 以下であることが好ましい。

【0051】本発明の適用可能な無電極蛍光ランプの誘導結合電力周波数は、 100 kHz に限定されない。しかし、誘導結合電力周波数が低くなりすぎると、無電極蛍光ランプが始動しにくくなり、誘導結合電力周波数が高くなりすぎると、ドライバのコストが高くなり、電磁

障害（EMI）を防止するためのコストも高くなる。このような点を考慮すると、無電極蛍光ランプの誘導結合電力周波数は、 50 kHz 以上 1 MHz 以下であることが好ましい。

【0052】フェライト磁心9は省略され得る。しかし、 50 kHz 以上 1 MHz 以下というような、比較的低い誘導結合電力周波数で無電極蛍光ランプが駆動される場合には、フェライト磁心9が使用されることが好ましい。低い誘導結合電力周波数で無電極蛍光ランプが駆動される場合には、より高い誘導結合電力周波数で無電極蛍光ランプが駆動される場合に比較して、ランプ内に誘導される誘導電圧 V_{p1} は小さくなり、フェライト磁心9を使用することによりこれが補われるからである。フェライト磁心9が使用される場合には、無電極蛍光ランプの駆動時には、コイル8のジュール発熱に加えてフェライト磁心9での損失（鉄損）による発熱が大きくなる。このため、駆動中のフェライト磁心9は、金属チューブ10およびセラミックエンクロージャ11を含む冷却構造体によって冷却されるものの、その温度は 200°C 前後まで上昇し得る。ベースを上にした位置での点灯の場合、プラズマから離れたランプの頂部が最冷点となる。図1から理解されるように、ランプの頂部と、フェライト磁心9の頂部（セラミックスペース14付近）とは近接している。このため、ランプの頂部はフェライト磁心9からの熱伝達の影響を受け、温度が上昇する。従って、フェライト磁心9が使用される場合には、特に、最冷点を提供する隆起部をエンベロープ1に設けることが好ましい。

【0053】（実施の形態2）図5A～図5Cは、本発明の実施の形態2の無電極蛍光ランプに使用することが可能なエンベロープ44の形状を示す。エンベロープ44は、本発明の実施の形態1の無電極蛍光ランプ100（図1）のエンベロープ1に替えて用いられ得る。本発明の実施の形態2の無電極蛍光ランプは、エンベロープ44以外は無電極蛍光ランプ100と同様の構成を有する。従って、その全体図は示していない。図5A～図5Cにおいて、凹部キャビティ2の内部の排気細管は図示していない。

【0054】図5A～図5Cにおいて、最冷点43は、エンベロープの頂上部46および側壁45によって形成されたコーナー42内に存在する。図5Aに示されるように、コーナー42の曲率半径 r が、 10 mm 以下である場合に、最冷点43の温度を下げる効果が得られることが見出された。また、曲率半径 r が 8 mm 以下である場合には、最冷点43の温度を下げる効果がより大きくなり、より好ましい。なお、誘導結合電力をより大きくする場合には、所望の効果をj得るためには曲率半径をより小さくすることが好ましい。

【0055】このように、本発明の実施の形態2の無電極蛍光ランプは、実施の形態1の無電極蛍光ランプ（図

1に示される無電極蛍光ランプ100および図2に示される無電極蛍光ランプ200)の隆起部に替えて、曲率半径が10mm以下のコーナー部を有する。

【0056】エンベロープの頂上部およびエンベロープの側壁によって形成されたコーナーは、90°よりもかなり小さな角度の「マッシュルーム」形状を有し得る

(図5B)。曲率半径rが10mm以下であるコーナーはエンベロープの全周にわたって形成されていなくてもよい。エンベロープはまた、図5Cに示すように、方位角上の対称性がない不規則な形状を有し得る。エンベロープの頂上部およびその側壁によって形成されたコーナー42も、方位角上の対称性を有さない。

【0057】本発明の実施の形態2の無電極蛍光ランプは、実施の形態1の無電極蛍光ランプと同様に動作する。

【0058】本発明の原理の適用は、無電極蛍光ランプに限定されない。例えば、本発明は、エンベロープ1

(図1および図2)の内壁に蛍光膜コーティング18が塗布されおらず、放電による光が直接エンベロープ1の外部に放出されるような無電極放電ランプにも、上述した動作原理と同様の原理に基づいて適用し得る。

【0059】本発明の適用は、アマルガムを用いない無電極放電ランプに限定されない。アマルガムを用いた無電極放電ランプであっても、アマルガム中の水銀の比率が高い場合には、隆起部またはコーナー部によって最冷点の温度が下げられることの効果が大きくなる。無電極放電ランプのエンベロープに封入される放電ガスが水銀の蒸気を含む限り、本発明の原理が適用され得る。さらに、水銀に替えて、あるいは水銀に加えて、任意の気化可能金属を用いてもよい。

【0060】本発明の趣旨および範囲内で変更および改変が可能であるが、本発明は添付の請求の範囲によってのみ限定されることが意図される。

【0061】

【発明の効果】本発明の無電極放電ランプは、エンベロープに形成され、エンベロープの外部的に突き出した隆起部を有する。これにより、隆起部の温度が低下するので、ランプ効率が高くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ベースを上にした位置およびベースを下にした位置で動作する無電極小型蛍光ランプを示す、本発明の第1の実施形態の断面図

【図2】より簡単な製造プロセスのためにスカートを除いた本発明の実施の形態1のバリエーションである無電極蛍光ランプを示す図

【図3A】水銀蒸気圧を制御する最冷点が形成された球状エンベロープ上の薄いガラスドームの改変例を示す図

【図3B】水銀蒸気圧を制御する最冷点が形成された球状エンベロープ上の薄いガラスドームの改変例を示す図

【図3C】水銀蒸気圧を制御する最冷点が形成された球状エンベロープ上の薄いガラスドームの改変例を示す図

【図4A】ガラスエンベロープの頂上部、底部、または側部に配置し得る環状リッジスカートを示す図

【図4B】ガラスエンベロープの頂上部、底部、または側部に配置し得る環状リッジスカートを示す図

【図4C】ガラスエンベロープの頂上部、底部、または側部に配置し得る環状リッジスカートを示す図

【図4D】ガラスエンベロープの頂上部、底部、または側部に配置し得る環状リッジスカートを示す図

【図5A】本発明の実施の形態2の無電極蛍光ランプに使用することが可能なエンベロープの頂上部および側壁によって形成される最冷点コーナーの改変例の模式図

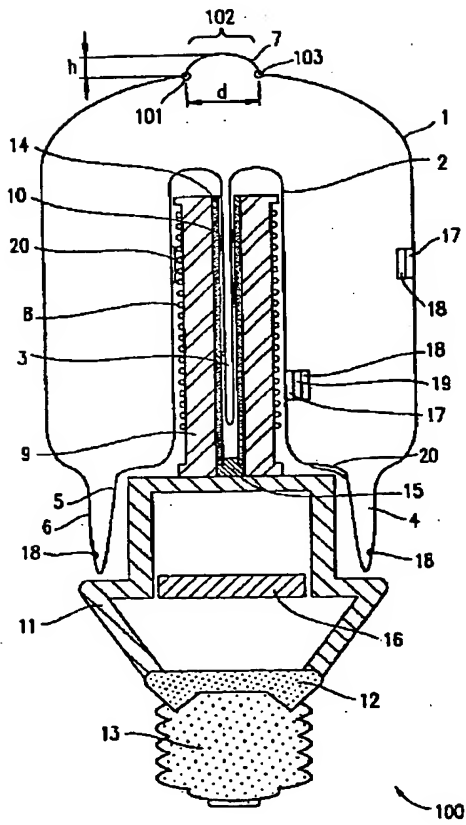
【図5B】本発明の実施の形態2の無電極蛍光ランプに使用することが可能なエンベロープの頂上部および側壁によって形成される最冷点コーナーの改変例の模式図

【図5C】本発明の実施の形態2の無電極蛍光ランプに使用することが可能なエンベロープの頂上部および側壁によって形成される最冷点コーナーの改変例の模式図

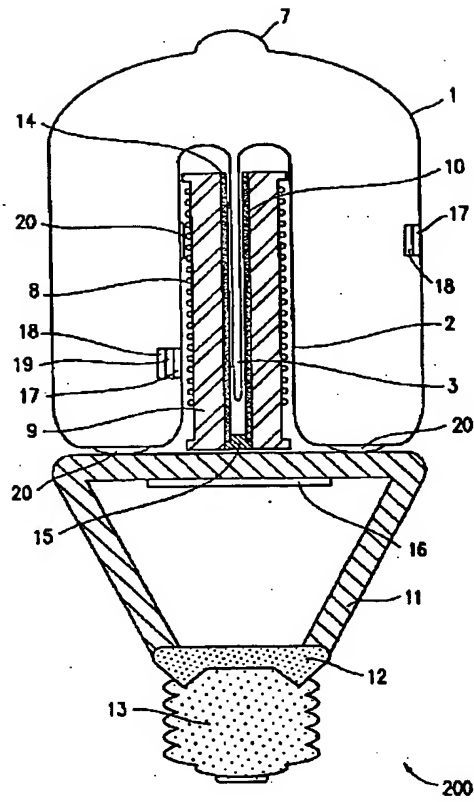
【符号の説明】

- 1、22、34、44 エンベロープ
- 2 凹部キャビティ
- 3 排気細管
- 4 スカート
- 5 内壁
- 6 外壁
- 7 ドーム
- 8 コイル
- 9 フェライト磁心
- 10 金属チューブ
- 11 セラミックエンクロージャ
- 12 銅プレート
- 13 エジソンソケット
- 21、23、24、32 隆起部
- 42 コーナー

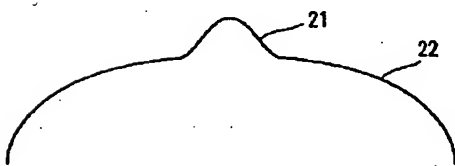
【図 1】



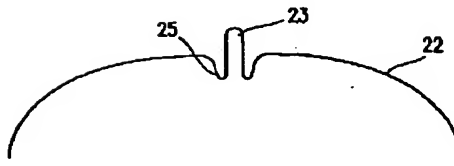
【図 2】



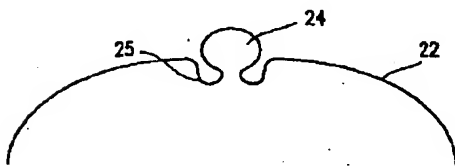
【図 3 A】



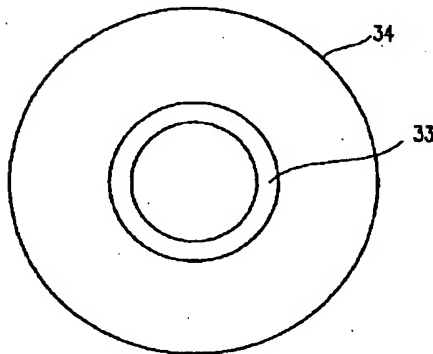
【図 3 B】



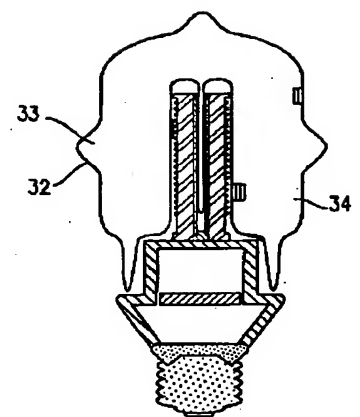
【図 3 C】



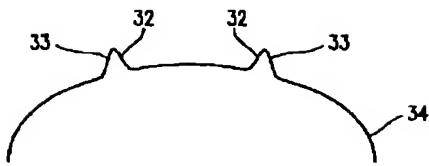
【図 4 A】



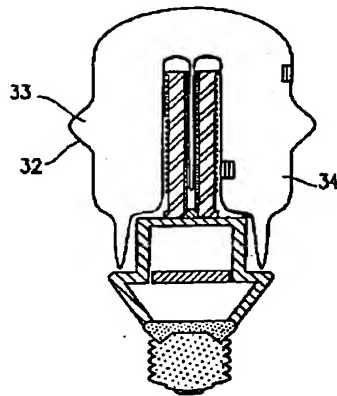
【図 4 C】



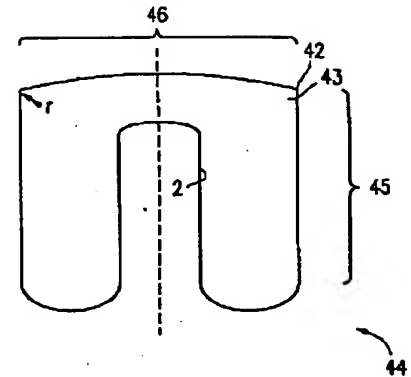
【図4B】



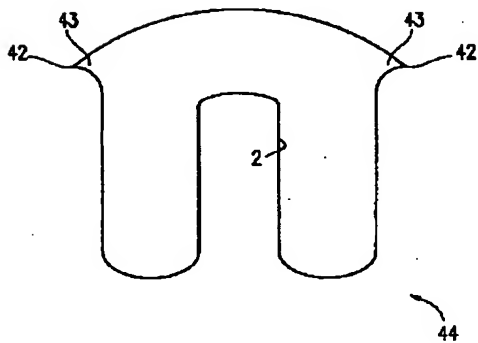
【図4D】



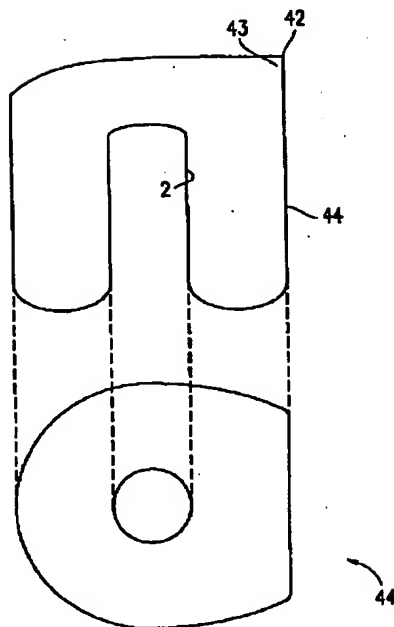
【図5A】



【図5B】



【図5C】



フロントページの続き

(72)発明者 ポポフ オレグ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州
02494, ニードハム ローズマリー ス
トリート 259

(72)発明者 マヤ ジェイコブ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州
02146, ブルックライン マーシャル
ストリート 25
(72)発明者 シャピロ エドワード
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州
02173, レキシントン マーシャル ス
トリート 11

Fターム(参考) 5C039 NN02